


CLEANING EQUIPMENT, PRODUCTION SYSTEM AND LINE FOR SEMICONDUCTOR

Patent number: JP7142438
 Publication date: 1995-06-02
 Inventor: OMI TADAHIRO
 Applicant: OMI TADAHIRO
 Classification:
 - international: **H01L21/306; H01L21/02**; (IPC1-7): H01L21/304;
 H01L21/304
 - european: H01L21/306N6
 Application number: JP19930292281 19931122
 Priority number(s): JP19930292281 19931122

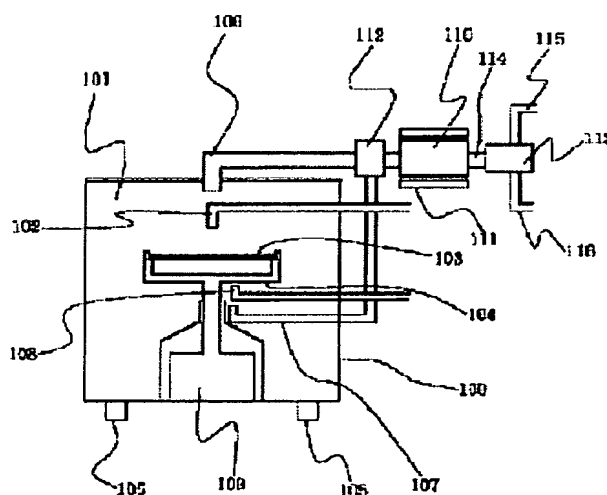
Also published as:

 WO9515006 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP7142438

PURPOSE:To inhibit adhesion of dust particles, which causes lowering of yield, and to allow easy removal of adhered dust particles in vapor phase by terminating a dangling bond on the rear surface of a substrate with a hydrogen active species. **CONSTITUTION:**N gas containing a hydrogen active species is introduced through a nozzle 106 and while rotating a wafer 103 at 1500-3000 r.p.m., 1). ultrapure water added with ozone (2-10ppm), 2). hydrofluoric acid + hydrogen peroxide + pure water (0.03:1:2), 3). ammonium hydroxide + hydrogen peroxide + ultrapure water (0.05:1:5), hydrofluoric acid + ultrapure water (0.03:1:2), and ultrapure water are dripped sequentially onto the surface and rear of a wafer 103 through a chemical nozzles 102 and 108. Subsequently, a gas containing a hydrogen species is blown through mixture gas supply pipes 106, 107 to the surface and the rear of the wafer 103 rotating at 1500 r.p.m. thus drying the wafer 103.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-142438

(43)公開日 平成7年(1995)6月2日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 L 21/304

識別記号
3 4 1 M
3 5 1 S

庁内整理番号

F 1

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平5-292281

(22)出願日 平成5年(1993)11月22日

(71)出願人 000205041

大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-
301

(72)発明者 大見 忠弘

宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2の1の17の
301

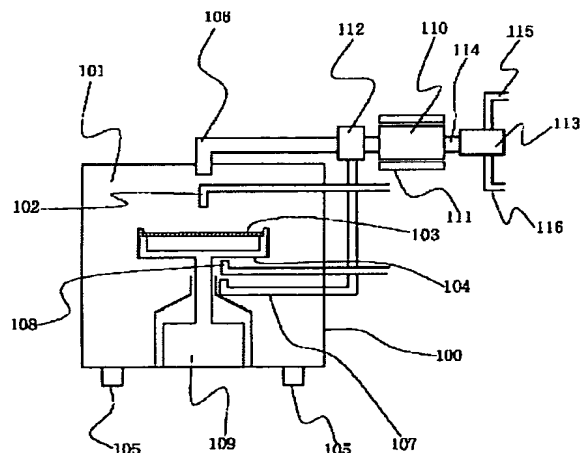
(74)代理人 弁理士 福森 久夫

(54)【発明の名称】 洗浄装置、半導体製造装置及び半導体製造ライン

(57)【要約】

【目的】 本発明は、基体の裏面を水素終端して歩留まり低下の原因となるゴミの付着を抑制しつつ、また付着した場合でも気相で容易に除去することを可能とし、より清浄な基体を半導体生産ラインの最終工程まで確実に送ることが可能な洗浄装置、半導体製造装置及び製造ラインを提供することを目的とする。

【構成】 基体裏面に薬液を供給し裏面に生成した酸化膜を除去する手段と、該手段により露出した基体面に水素活性種を含む気体を吹き付ける手段とを少なくとも有し、前記基体裏面上のダングリングボンドを前記水素活性種により水素終端することを特徴とする。また、少なくとも1つの処理槽と、該処理槽内において基体を保持する手段と、前記基体表面に水分濃度100ppb以下のガスを供給する手段と、前記基体表面にベルヌーイの圧力差を発生させるための手段とから構成される気相ゴミ除去装置を備えたことを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基体の裏面の洗浄と乾燥を行う洗浄装置において、基体裏面に薬液を供給し裏面に生成した酸化膜を除去する手段と、該手段により露出した基体面に水素活性種を含む気体を吹き付ける手段とを少なくとも有し、前記基体裏面上のダングリングボンドを前記水素活性種により水素終端することを特徴とする洗浄装置。

【請求項 2】 前記基体の表面に薬液を供給し洗浄する手段と、該表面に水素活性種を含む気体を吹き付ける手段とを少なくとも有し、前記基体表面のダングリングボンドを前記水素活性種により水素終端することを特徴とする請求項 1 に記載の洗浄装置。

【請求項 3】 前記水素活性種を含む気体を吹き付ける手段は、水素ガスまたは水素ガスを含むガスを活性化し水素活性種を発生させる手段と、前記基体の裏面または／及び表面に該水素活性種を含む気体を供給する手段とから構成されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の洗浄装置。

【請求項 4】 前記水素ガスを含むガスは、不活性ガスを含むことを特徴とする請求項 3 に記載の洗浄装置。

【請求項 5】 前記不活性ガスは、窒素ガスまたは／及びアルゴンガスであることを特徴とする請求項 4 に記載の洗浄装置。

【請求項 6】 前記水素活性種を発生させる手段は、前記水素ガスまたは水素を含むガスとの接触部の少なくとも一部を水素ラジカル化反応の触媒となる材料で構成したことを特徴とする請求項 3～5 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置。

【請求項 7】 前記触媒となる材料は、Ni を含むことを特徴とする請求項 6 に記載の洗浄装置。

【請求項 8】 前記触媒となる材料を 300～450℃に加熱する手段を有することを特徴とする請求項 6 または 7 に記載の洗浄装置。

【請求項 9】 前記水素活性種を含む気体を供給する手段において、該水素活性種を含む気体との接触部の少なくとも一部は、水素ラジカル化反応の触媒となる材料で構成したことを特徴とする請求項 3～8 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置。

【請求項 10】 前記基体の裏面に水素活性種を含む気体吹き付ける手段は、少なくとも前記基体裏面の中心直下近傍にガス噴射ノズルを備えたことを特徴とする請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置。

【請求項 11】 前記基体を回転させる手段を設けたことを特徴とする請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置。

【請求項 12】 基体の搬送手段を有する半導体製造装置であって、該搬送手段と接続され、前記基体の裏面を露出しダングリングボンドを水素終端する処理槽を設けたことを特徴とする半導体製造装置。

【請求項 13】 前記基体の裏面を露出し、ダングリン

グボンドを水素終端する処理槽は、請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置であることを特徴とする請求項 12 に記載の半導体製造装置。

【請求項 14】 複数の半導体処理槽からなり、該複数の半導体処理槽に基体の搬送手段を設けた半導体製造ラインにおいて、前記基体の裏面を露出し、ダングリングボンドを水素終端する処理槽を少なくとも 1 つ設けたことを特徴とする半導体製造ライン。

【請求項 15】 前記基体の裏面を露出し、ダングリングボンドを水素終端する処理槽は、請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の洗浄装置であることを特徴とする請求項 14 に記載の半導体製造ライン。

【請求項 16】 少なくとも 1 つの処理槽と、該処理槽内において基体を保持する手段と、前記基体表面に水分濃度 100ppb 以下のガスを供給する手段と、前記基体表面にベルヌーイの圧力差を発生させるための手段とから構成される気相ゴミ除去装置を備えたことを特徴とする請求項 14 または 15 に記載の半導体製造ライン。

【請求項 17】 前記気相ゴミ除去装置は、間欠的な圧力変動を少なくとも前記基体表面に発生させるための手段を設けたことを特徴とする請求項 16 に記載の半導体製造ライン。

【請求項 18】 前記間欠的な圧力変動を少なくとも前記基体表面に発生させる手段として、衝撃波もしくは圧力波を発生させる機構を備えたことを特徴とする請求項 17 に記載の半導体製造ライン。

【請求項 19】 前記気相ゴミ除去装置は、前記基体を 80℃以上 300℃以下の温度とする手段を備えたことを特徴とする請求項 16～18 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 20】 前記気相ゴミ除去装置は、前記基体を 80℃以上 200℃以下の温度とする手段を備えたことを特徴とする請求項 19 に記載の半導体製造ライン。

【請求項 21】 前記気相ゴミ除去装置において、前記基体表面の吸着水分量が平均値で 2 分子層以下となるよう構成したことを特徴とする請求項 16～20 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 22】 前記気相ゴミ除去装置は、前記処理槽内に正負の電荷を供給し、前記処理槽内に存在する静電気を除去するための手段を有したことを特徴とする請求項 16～21 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 23】 前記気相ゴミ除去装置は、前記基体を回転させる手段を有したことを特徴とする請求項 16～22 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 24】 前記気相ゴミ除去装置は、前記基体に超音波もしくは機械的振動またはその両方を供給する手段を有したことを特徴とする請求項 16～23 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 25】 前記気相ゴミ除去装置は、前記ガスに

水素活性種を混入させる手段を有したことを特徴とする請求項 16～24 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 26】 前記気相ゴミ除去装置は、前記基体表面に液体窒素、液体アルゴン、イソプロピルアルコール等の常温で容易に気化する液体を供給する手段を有したことを特徴とする請求項 16～25 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【請求項 27】 前記気相ゴミ除去装置において、前記ガスが反応性ガスもしくは少なくとも反応ガスを一部に含んだガスであることを特徴とする請求項 16～26 のいずれか 1 項に記載の半導体製造ライン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体の生産に用いられる洗浄装置、半導体製造装置及び半導体製造ラインに係わり、特にシリコンウェハ表面及び裏面を水素原子で終端化し、汚染がなく且つ汚染しないシリコンウェハを供給することが可能な洗浄装置、半導体製造装置及び半導体製造ラインに関する。

【0002】

【関連技術】半導体製造工程において、例えば、基体処理槽内及び基体搬送中に付着するゴミは、歩留まり低下の最大の原因となっている。従って、ゴミ等の不純物を取り除く洗浄工程は、半導体の生産工程の中で最も重要な工程の一つである。例えば、プラズマ絶縁膜の成膜処理において、ゴミがシリコンウェハ表面に付着すると、ゴミの上にも膜が堆積され局所的な成膜の凹凸が発生し、また取り込まれたゴミが重金属の場合、シリコン上に形成された MOS トランジスタのゲート絶縁膜の破壊や、トランジスタ接合部のリーク電流の増加が起こり、アルカリ性イオンの場合は、トランジスタの閾値変化等のトランジスタの性能に悪影響を及ぼす。

【0003】また、スパッタリングによる金属膜の成膜処理では、基体表面上に付着したゴミは金属膜中に取り込まれ金属配線の平坦な成膜性を劣化させる。またコンタクトホール部及びスルーホール部の穴の中にゴミが存在したまま金属成膜を行うと、配線形成後、コンタクトホール及びスルーホール部の抵抗増加、コンタクトホール及びスルーホール部配線のマイグレーション耐性の劣化の問題が生じる。

【0004】あるいは、アルミニウム金属配線のドライエッチングにおいて、エッチング中にエッチング困難な材料から成るゴミがアルミニウム表面に付着すると、ゴミの下部はエッチングされずゴミの周りがエッチングされエッチング残り（エッチング残渣）が生じる。通常追加エッチング（いわゆるオーバーエッチング）を行いエッチング残りを除去するが、過剰なオーバーエッチングは、レジストマスクや下地酸化膜の膜厚減りをもたらすことになる。又オーバーエッチング時の中性ラジカル種によ

り、アルミニウム配線の横方向のエッチングが進み、配線の細りが生じる。さらに段差部にわたるアルミニウム配線部では、平坦部のアルミニウム部よりエッチング残渣除去のための追加のエッチング、いわゆるオーバーエッチングが少なくなる為、段差部にゴミが付着するとエッチング残渣が金属配線間にわたり、金属配線の短絡を起こす問題が発生する。

【0005】このようなゴミを除去するため、従来、基体上面からノズルまたはシャワーを用いて基体表面へ薬液を供給、洗浄するウェット方式や、イオン照射、ガス噴射等により除去するドライ方式が採用されている。しかし、基体表面の材料によっては、エッチングが起こるためウェット方式が採用できない場合があり、また現状のドライ方式では、イオン衝撃による格子欠陥等の発生、除去能力の不足等の問題がある。

【0006】また、基体表面のゴミを除去しても、製造の歩留まりは必ずしも向上しないという問題がある。これは、基体裏面のゴミ起因する問題である。基体裏面は、搬送系や処理槽等で、金属類、樹脂類、セラミックス類等の材料と接触する機会が多いため、これら材料に汚染されやすく、表面をいくら高洗浄に洗浄しても、基体裏面に付着しているゴミが、基体表面を汚染する、いわゆる相互汚染（クロスコンタミネーション）が生じる。これらの現象は、半導体デバイスの高性能化・高集積化を検討するにあたり、本発明者がはじめて実際上見いだしたものであり、裏面のゴミは半導体デバイス特性及び製造歩留まりに影響し、製造プロセスにおいて大きな問題となることが分かった。

【0007】さらに、基体裏面にゴミが付着していると、半導体製造装置及び半導体製造ラインでは、基体と支持台間に微小な隙間が生じ、この隙間により基体と支持台間の熱伝導率は悪化し、支持台から基体への加熱効率または冷却効率が悪化する。また基体裏面が汚染されていると、搬送中に基体が落下したり、基体の位置検出ができない等の問題が生じることがある。基体位置の誤検出は、基体の検出器と基体裏面間の微小な隙間による誤検出や、基体が電氣的にフローティング状態になるため、基体が静電気を帯び基体位置検出器が誤動作するためである。さらに、レジストにレチクル上のパターンを転写する工程において、ステッパーの焦点深度は浅いため、基体裏面が汚染されていると、基体と支持台間の隙間により、ステッパーの焦点深度からずれてしまい、レジストのパターニングの解像度が悪化するという問題がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、基体の裏面及び表面を水素終端して歩留まり低下の原因となるゴミの付着を抑制しつつ、また付着した場合でも気相で容易に除去することを可能とし、より清浄な基体を半導体生産ラインの最終工程まで確実に送り、各工程においてゴ

10

20

30

40

50

ミの影響を完全に排除することが可能な低コストな洗浄装置、半導体製造装置及び半導体製造ラインを提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の洗浄装置は、基体の裏面の洗浄と乾燥を行う洗浄装置において、該基体裏面に薬液を供給し生成した酸化膜を除去する手段と、該手段により露出した基体面に水素活性種を含む気体を吹き付ける手段とを少なくとも有し、前記基体裏面のダングリングボンドを前記水素活性種により水素終端することを特徴とする。該洗浄装置は、前記基体表面に薬液を供給し洗浄する手段と、該表面に水素活性種を含む気体を吹き付ける手段とを少なくとも有することが好ましい。

【0010】本発明の半導体製造装置は、基体の搬送手段を有する半導体製造装置であって、該搬送手段と接続され、前記基体の裏面を露出しダングリングボンドを水素終端する処理槽を設けたことを特徴とする。前記基体の裏面を露出し、ダングリングボンドを水素終端する処理槽は、上記本発明の洗浄装置であることが好ましい。

【0011】本発明の半導体製造ラインは、複数の半導体処理槽を有し、該複数の半導体処理槽間に搬送手段を設けた半導体製造ラインにおいて、少なくとも1つ前記基体の裏面を露出し、ダングリングボンドを水素終端する処理槽を設けたことを特徴とする。また、前記基体の裏面を露出し、ダングリングボンドを水素終端する処理槽は、上記本発明の洗浄装置であることが好ましい。

【0012】また、本発明の半導体製造ラインは、少なくとも1つの処理槽と、前記処理槽内において基体を保持する手段と、前記基体表面に水分濃度100ppb以下のガスを供給する手段と、前記基体表面にベルヌーイの圧力差を発生させるための手段とから構成される気相ゴミ除去装置を備えることが好ましい。

【0013】

【作用】以下に本発明の作用を実施態様例と共に説明する。基体裏面に洗浄液（薬液、超純水等）を供給し、裏面に生成した酸化膜を除去した後、基体裏面の乾燥中に、活性な水素活性種を含む気体を基体裏面に吹き付けることにより、簡便且つ完全に基体裏面を水素終端させることができる。水素活性種は非常に活性であり、従来その寿命は短いと思われてきたが、本発明の構成にすることにより、即ち水素活性種を洗浄装置の洗浄槽導入直前で触媒反応により発生させること、高純度な不活性ガス及び水素ガスを用いること、及び水素活性種を含む気体を供給する手段を触媒作用のある材料で作製すること等により、実質上の寿命を延ばし、高濃度の水素活性種を基体表面に供給できる結果、上記のように基体裏面の水素終端を完全に行うことができる。

【0014】同様に、基体表面を種々の薬液及び超純水等で洗浄後、乾燥中に、水素活性種を含む気体を基体表

面に吹き付けることにより、基体表面を水素終端させることができる。基体を水素終端することでゴミの付着を抑制できる理由の詳細は、現在のところ明かではないが、従来は、基体表面及び裏面上には水分が多量に吸着するため、水分を介してゴミが基体表面に付着し易く、またゴミが基体上に付着すると、ゴミと基体の間には、水分の表面張力による液架橋力が生じ、またこの液架橋力はファンデルワース力より約10倍大きいので、付着したゴミは容易には基体から離脱できなかったが、本発明の水素終端により、基体表面及び裏面上には水分が吸着されにくくなり、結果的にゴミが付着を抑制するものと考えられる。

【0015】次に、本発明の洗浄装置の一例として基体表面及び裏面を洗浄・乾燥可能な洗浄装置を図1を参照して説明する。図1に本実施例で用いた洗浄装置を示す。図1において、101は洗浄槽であり、102は種々の薬液供給装置（不図示）と接続された複数の薬液ノズル、103は基体、104は回転チャック（基体保持部材）、105は排気・排液口、106、107はそれぞれ水素活性種を含む気体を基体の表面及び裏面に供給する手段（ガス供給管）、108は移動しながらウェハ裏面の酸化膜を除去するため薬液、超純水を供給するためのノズル、109は回転モータ、110は、加熱手段111を設けた水素活性種を発生させる手段、112は、水素活性種を含む気体の供給を制御するバルブであり、これにより該気体は基体の表面または裏面またはその両方に送られる、113はN₂ガスとH₂ガスの混合器、114は混合ガス配管、115、116はそれぞれN₂ガス配管、H₂ガス配管であり、マスフローコントローラと介してN₂ガス供給装置、H₂ガス供給装置（不図示）と接続されている。

【0016】洗浄槽としては、内部に種々の薬液や超純水を導入して基体を浸漬して洗浄を行うものを用いることができるが、基体を回転チャックに取り付け基体を回転させながら薬液、超純水を噴射して洗浄を行う図1の方式のものが好ましい。薬液、超純水による洗浄後、最後に水素活性種を含む気体を基体に吹き付けて、乾燥させることにより、洗浄により生成したダングリングボンドを水素で効果的に終端することができる。なお、洗浄槽を構成する部材は、洗浄に用いられる種々の薬液に対し耐性をもつ材料で構成されることは言うまでもない。なお、基体の乾燥も基体を回転させながら行うのが好ましい。

【0017】水素活性種を発生させる手段10として、例えば配管の内表面の一部あるいは全面を、水素ラジカル化反応の触媒となる材料で構成したものを用いることができる。このような配管内に不活性ガスと水素ガスの混合ガスを流すことにより、混合ガス中の水素ガスをラジカル等の活性種にすることができる。活性化の効率を高めるためには、触媒（配管）を加熱するのが好ま

しい。加熱温度は300～450℃が好ましく、300～400℃がより好ましい。300℃未満では、水素活性種の生成量が少なく、また450℃を越えた場合には、水素活性種の生成量は増加するものの配管内面に不動態膜が形成されていない場合にはその表面から不純物が放出され、混合ガス中に混入する恐れがあるからである。

【0018】本発明において、水素活性種の生成に用いられる触媒としては、Niを含む材料が好ましく、例えばNi基合金が好ましい。また、Ni基合金の中でもNi-Mo系合金、Ni-W系合金が好ましい。より具体的には、例えばハステロイ（登録商標）が挙げられる。以上の配管の一例として、例えば表面粗度が1μm以下に電解研磨されたステンレス鋼が用いられる。この場合、ステンレス鋼の表面には、不純物濃度が10ppb以下の酸化性雰囲気中で熱処理して形成される不動態膜が形成されたものがより好ましい。さらに不動態膜形成後水素雰囲気中で還元処理を行うことにより形成された不動態膜が更に好ましい。かかる不動態膜の表面はクロム酸化物を主成分としているため混合ガス中への不純物の混入を抑えることができる。なお、かかる不動態膜はクロム酸化物を主成分としているが、ニッケル酸化物を含んでおり、このニッケル酸化物が中のニッケルが触媒の作用をなし、不動態膜表面に接触した水素ガスを活性化し水素活性種を生成するものと考えられる。

【0019】本発明において水素活性種を発生させる手段10は、以上の配管形状のもの他に、例えば繊維状、網状、スポンジ状、管状の触媒を容器内に設けたものを用いても良いことは言うまでもなく、このような形状は水素ガスとの接触面積を大きくし活性化効率を高める点では有利である。本発明において用いられる不活性ガス及び水素ガス中の不純物は、10ppb以下が好ましく、1ppb以下がより好ましい。また、混合ガス中の水素ガスの混合比は0.1%以上が好ましく、10%以上がより好ましい。この範囲で水素活性種生成量はいっそう向上する。また、不活性ガスとしては、Heガス、N₂ガス、Arガス等が好適に用いられる。特に、N₂ガス、Arガスが好ましい。

【0020】本発明の水素活性種を含むガスを供給する手段6、7は、水素活性種を発生させる手段で生成した水素活性種を含む活性ガスを洗浄槽に導くためのもので、例えば配管が一般に用いられる。前述したように、生成した水素活性種の濃度を低下させないためには、内表面を例えばNi等を含む材料で構成するのが好ましい。

【0021】水素活性種を含む気体を供給する手段は、基体表面直上及び裏面直下に独立したノズルを少なくとも1つ以上有することが望ましい。独立したノズルを多数有し、多方向から気体を照射することにより基体表面裏面とも水素終端化することができる。尚、基体裏面へ

該気体を供給する手段は、裏面洗浄中は薬液等がノズル内へ侵入しないように、退避できる移動構造とするか、ノズルに蓋をできる構造とするのが好ましい。

【0022】次に、シリコンウェハを用いた洗浄工程の一例を説明するが、他の薬液、ガス、被洗浄物についても同様な方法で行えば良い。洗浄工程は被洗浄物であるシリコンウェハを回転させ、例えばオゾン添加超純水（オゾン：2～10ppm）→超純水リンス→フッ化水素酸+過酸化水素+超純水（例えば体積比で0.03：1：2）→超純水リンス→水酸化アンモニウム+過酸化水素+超純水（例えば体積比で0.05：1：5）→超純水リンス→フッ化水素酸+超純水→超純水リンス→回転乾燥（例えばN₂ガス中のH₂ガス濃度：10～100%）といった工程で行われる。ここで、各洗浄工程中には水素活性種を添加した窒素ガスを洗浄チャンパー内に導入している。

【0023】なお、洗浄工程開始以前にシリコンウェハ上に生成している自然酸化膜及び洗浄工程中に生成する自然酸化膜を除去するために、少なくとも乾燥工程直前にフッ化水素酸による自然酸化膜除去を行うのが望ましい。また、これらの洗浄を行うチャンパーは密閉されているものが好ましく、少なくとも何らかの不活性ガスでシールされているものが好ましい。水素活性種添加窒素ガスを導入できる密閉された単一の洗浄槽内ですべての工程を行うため、フッ化水素酸によって露出されたシリコン表面上に自然酸化膜が生成することがなく、また、乾燥工程中に水素活性種によりシリコンウェハ表面を完全に水素終端化することが可能である。

【0024】また、水素活性種の濃度は水素活性種発生装置への各々の気体の導入部にマスフローコントローラーを設け調節できるものがより好ましい。濃度を制御することにより、水素活性種の必要な場合に必要なだけの量を供給し水素終端化することが可能となる。次に、成膜槽、エッチング槽等の処理槽や搬送系で基体表面に付着したゴミを気相で除去する気相ゴミ除去装置について図2を参照して説明する。

【0025】図において201は真空処理槽であり、例えばターボ分子ポンプ202及び粗引きポンプ203によって、真空処理槽201内の真空度は10⁻¹⁰～10⁻¹⁵Torrに保つことができる。205は真空排気通路で開閉弁204を介して真空処理槽201と接続されている。真空処理槽201は、例えば真空融解したSU316Lでできており、その内面206は鏡面研磨し、かつ不動態化処理されてCr₂O₃膜が形成され、放出ガス及び水分の吸着が極めて少ない表面になっている。

【0026】207は基体であり、例えばシリコンウェハである。もちろんシリコンウェハに限らず、他の半導体基板（例えば化合物半導体基板）、磁性体基板、超伝導体基板などであってもよい。208は、基体207を

保持するための支持台（基体を保持する手段）であり、例えば真空もしくは静電吸着方式による基体保持機構を有している。

【0027】209は基体207上に付着しているゴミを示しており、210はガス吹き出し口211から基体207上に吹き付けられた例えばN₂ガスの流れを示している。211は基体上に設置されたN₂ガスの吹き出し口で、ガス供給通路212と接続されており、ガス供給制御弁213によって高速なN₂ガスを基体107上に定常的に流す為のものである。ここで214は高压ガス供給源で、例えば高压N₂ポンプである。高压N₂ポンプ214は高压ガス供給通路215を通して定常流通路216および高压ガス制御部217と接続されている。この定常流通路216には例えば通電加熱機構またはその他の加熱機構218が備えられており、N₂ガスを約80℃に加熱することができる。217は高压ガスの間欠的で俊敏な流れの制御を行う機構を備えている。

【0028】図2では、高速開閉弁219、220の間欠的な高速開閉によって、高压部221からガス供給通路212およびガス吹き出し口211を通して間欠的で俊敏な圧力変動を基体表面上の定常的なガスの流れに作用させることができる。圧力変動の発生頻度は、例えば10回/分であるが、高速開閉弁219、220をさらに高速に駆動するか、または高压ガス制御部217を並列に多段設けることによって、間欠的な圧力変動の発生頻度をさらに増やすことができる。

【0029】N₂ガスの水分濃度は10~100ppbに制御されているため、真空処理槽201内の水分濃度は少なくとも10ppm以下に保つことができ、この時の吸着水分量は略々 1×10^{15} 分子/cm²である。これは、平均値で2分子層に相当する。222はN₂ガスおよびゴミの排気通路であり、開閉弁223を介して真空処理槽201と接続されており、基体上から離脱したゴミはN₂ガスの流れにともなうようにして、開閉弁224を介して系外の例えばスクラバーのような排ガス処理装置に排出される。また、排気通路222は開閉弁225および粗排気通路226を介して粗引きポンプ203に接続されており、真空処理槽内を減圧（例えば100Torr）に保ちながらN₂ガスおよびそれとともなうゴミを排出することができる。

【0030】227は、基体207を昇温するための、例えばXeランプである。228は真空処理槽201に接続された光導入口で、例えば光学研磨された合成石英等の窓材229が備えられていることにより、Xeランプ227の光が基体207の表面に均一に照射することができる。さらに、Xeランプ227の出力を制御することによって基体207を昇温し、かつ一定の温度（例えば100℃）に保つことができる。

【0031】230は、基体を真空処理槽201と他の処理槽（不図示）間で自在に搬出入するための機構を備

えた搬送室である。基体搬送室230は開閉弁231を介して真空処理槽201に接続されている。基体搬送室230の水分濃度は真空処理槽201と同様に10ppm以下に制御されている。気相中においてゴミが基体表面上に吸着した場合、ゴミと基体間に働く力は、液架橋力とファンデルワールス力であることを本発明者は知見した。特に、水分が基体表面に存在している場合においては液架橋力が支配的である。

【0032】本発明においては、基体表面に付着しているゴミと基体間の液架橋力を排除し、高々基体の格子間の距離のマイナス2乗に比例する程度の小さなファンデルワールス力のみで基体にゴミが付着している状態を実現している。これは、基体表面上の吸着水分量が、略々2分子層以下であるときに実現されることを本発明者は見いだした。この2分子層がどのような状態で存在しているかは明確ではないが、2分子層以下というのは、基体表面全体が2分子層以下の場合のみならず、水分子が存在しない部分が一部にある場合も含まれるといえる。

【0033】このような状態を実現するためには、基体表面に供給されるガスの水分濃度が、100ppb以下であるということが必要である。なお、処理層を構成する部材あるいはガス供給系の配管等の表面からの水分の放出は極力小さくすることが好ましく、そのため、かかる部材は、酸化クロムを主成分とする不動態膜がガスとの接触部表面に形成されたものを用いればよい。

【0034】なお、本発明では、基体表面にベルヌーイの圧力差を発生させる手段を設けている。前述したように、液架橋力の影響を排除した状態では、ベルヌーイの圧力差を基体表面に与えてやればゴミは浮上し、基体表面から除去できることを本発明者は見出したのである。例えば、図2におけるガス（例えばN₂ガス）の吹き出し口211より250l/minの流量で基体表面にN₂ガスを吹き付けると、基体表面でのN₂ガスの平均流速は約30m/secとなる。このN₂の高速流によって、基体表面より数μmから数10μmの領域では停流層が生じ、高速流と停流層の界面にはベルヌーイの定理によってベルヌーイの圧力差が生じると考えられる。例えば、この流速約30m/secの高速流と停流層の界面に生じる圧力差は約0.5kg/cm²程度となることが分かった。この圧力差は、例えば5μm及び1μm程度の比較的大きなゴミに対し基体と垂直方向の運動エネルギーを与える。この垂直方向の運動エネルギーは、力学的な考察より、1μm以上のゴミを基体表面より離脱するために充分なエネルギーとなりうる。ガスの流速は、ゴミの粒径に応じて適宜決めればよいが、10m/sec以上が好ましく、30m/sec以上がより好ましい。かかる高速流の場合除去効率が向上する。なお、上限としては、50m/secが好ましい。

【0035】なお、例えば0.3μm程度の比較的小さなゴミは完全に停流層内部に存在するため、N₂の高速

10

20

30

40

50

流によって生じる圧力差のみではゴミは基体表面より離脱できないことがある。この $0.3\mu\text{m}$ 程度のゴミを基体表面より離脱させるためには間欠的な圧力変動（例えば衝撃波）を基体表面あるいは基体表面上を流れる高速のガス流に与えることが効果的であることが本発明者の実験事実より明かとなった。この間欠的な圧力変動（例えば衝撃波）は基体表面より数 μm から数 $10\mu\text{m}$ に生じている停流層を乱す効果を持つと考えられる。これは、間欠的な圧力変動（例えば衝撃波）によって停流層内に一瞬乱流が生じ、 N_2 の高速流のみでは停流層であった基体表面から数 μm 以下の領域においてもベルヌイの定理による圧力差を発生できるのである。この圧力差によって基体表面のゴミは基体表面に対して垂直方向の運動エネルギーが与えられ、基体表面から数 μm から数 $10\mu\text{m}$ 程度舞い上がることができると考えられる。なお、舞い上がったゴミは基体表面を流れる例えば N_2 の高速流によって真空チャンバの外部へ瞬時に運び去られる。この N_2 の高速流は高速なもの（例えば上述した 10m/s 以上）を用いているためこの中に存在する基体表面から離脱したゴミは基体に再付着する機会をまったく与えられない。

【0036】以上のような作用によって本発明によって基体表面からゴミが除去できる。基体あるいは基体上に付着したゴミを、例えばXeランプや例えば 80°C に加熱したガス（例えば N_2 ガス）を用いて昇温することも基体表面に吸着している水分をさらに排除し、液架橋力を小さくする効果をより一層助長するものである。

【0037】基体と、ゴミに働く力がファンデルワールス力のみで表せられる基体表面において、付着しているゴミは常にブラウン運動によって基体表面を自由に移動している。ブラウン運動のエネルギーは温度によって決定され、例えばゴミの温度を高くすると、温度に比例した運動エネルギーによってゴミは基体表面を移動することになる。例えばXeランプ等で昇温すればゴミのブラウン運動を活性化することができる。基体表面を動き回っているゴミは、基体表面の数オングストローム程度の凹凸によって跳ね上がり、この瞬間、基体とゴミとの間に働くファンデルワールス力は最小になり、ゴミが基体から最も離脱し易い状態となる。

【0038】またブラウン運動はゴミの不規則な運動であるため、基体に対して垂直な方向への運動も存在する。従ってこの作用においても基体とゴミの間に働くファンデルワールス力を最小となりうる。ゴミを昇温させる際、その温度には細心の注意を払わなければならない。本発明者は基体温度が 80°C 以上でゴミの除去効果が現れることを知見しているが、ブラウン運動を活性化させる上で温度は極力高い方が効果的であることは前述の理由より明かである。しかし、実際のプロセスでは基体表面に付着するゴミの種類を断定することは非常に困難であり、その中には当然有機物等も含まれる。従って

有機物を溶解させる温度以下（例えば 200°C 以下）での加熱が理想である。さらに、プロセス全体を低温（ 400°C 前後）でおこなうことを考慮すると、たとえ有機物の付着が認められなくとも、 300°C 以上の加熱は熱処理効果を及ぼす可能性があるため好ましくない。以上の理由から基体及びゴミの加熱には 80°C から 300°C が好ましく、 80°C から 200°C がより好ましい。

【0039】今まで、不活性な N_2 ガスによるゴミの除去について言及してきたが、反応性ガス、例えば Cl_2 ガスもしくはこれをArのような不活性ガスに混入させたガスを基体表面上に定常的に流し、基体上の金属性のゴミが、例えばAlであった場合、 Cl_2 ガスとAlとの反応によって AlCl_3 が形成され、これが揮発性であることを考慮すると、間欠的で俊敏な圧力変動との相乗作用によって、容易に除去可能である。

【0040】その他、例えば有機物のゴミに対しては、例えば O_2 のような反応性ガスが適用可能であり、例えば SiO_2 のゴミに対しては、例えばHFガスが考えられる。これらは、一例に過ぎないが、反応性ガスを選択し、ガス系切り換え機構を設けることによって、本発明の気相ゴミ除去作用とともに化学反応を積極的に利用したさらに効果的なゴミ除去が可能である。

【0041】また、電離したガスを真空槽に導入することにより、基体の静電気を中和し、気相中のゴミと基体の間に働く、静電気力を打ち消し、気相中のゴミが、基体に付着または再付着することを防止する。ガスの電離には、例えば重水素ランプ、軟X線光源を用いることができる。さらに、例えば超音波のような機械的な振動を与えることによって効率よく基体表面のゴミを除去することが可能である。

【0042】また、基体に液化 N_2 を供給しながら間欠且つ俊敏な圧力変動を与えると、基体上からゴミをより効率的に除去することができる。これは、例えば液化 N_2 のように室温で容易に気化する液体は、一種の爆発のような作用を伴って気化する。この際、波長が数 μm 程度の衝撃波を伴い、この衝撃波が基体に付着しているゴミに対し運動エネルギーを与えていると考えられる。この運動エネルギーによってゴミは非常に離脱し易い状態となり、さらに、間欠且つ俊敏な圧力変動を加えることによって完全に基体上から離脱すると考えられる。このように基体表面から離脱したゴミは、気化した液体が作り出す定常的なガス流によって外部に搬送されると考えられる。このような室温で容易に気化する液体は、液化 N_2 の他に、例えば液化Arやイソプロピルアルコールのような液体が好適に用いられる。

【0043】

【実施例】以下に実施例を挙げて本発明をより詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されることはない。

（実施例1）図1に示した洗浄装置が、搬送室を介して

プラズマ酸化処理装置と接続された半導体製造装置を用い、シリコンウェハの表面及び裏面を水素終端した後、酸化膜を形成した。

【0044】尚、本実施例において、水素活性種を発生させる手段10としては、内面を電解研磨した円筒のステンレス（SU316）容器の内部に10 μ m径のNiワイヤーを丸めて束ねて挿入したものを、ヒータ13で350℃に加熱した。また、ガス供給管6、7には内面を電解研磨したステンレス管（SU316）を用いた。また、混合ガスの混合比は、N₂90%、H₂10%とした。

【0045】まず、洗浄装置を用いた洗浄方法について述べる。ノズル6から水素活性種を含むN₂ガスを導入しておき、1500～3000rpmでウェハを回転させながら、薬液ノズル2及び8の個々のノズルを介してウェハ表面及び裏面に1)オゾン添加超純水（2～10ppm）、2)フッ化水素酸+過酸化水素+超純水（0.03:1:2）、3)水酸化アンモニウム+過酸化水素+超純水（0.05:1:5）、フッ化水素酸+過酸化水素+超純水（0.03:1:2）、超純水を順次滴下して洗浄を行った。続いて、混合ガス供給管6、7から水素活性種を含む気体をウェハの表裏に吹き付けながら、ウェハを1500rpmで回転させて乾燥した。

【0046】以上のようにして洗浄したウェハを搬送室の搬送手段によりプラズマ酸化処理装置に搬送し、10nmの酸化膜を形成した。比較のため、裏面処理しないウェハについても同様にプラズマ酸化処理装置に搬送し、酸化膜を形成した。以上の酸化膜の絶縁耐圧を測定したところ、裏面処理を施さない場合に比べて、本実施例のウェハは、安定して高い絶縁耐圧が得られることが分かった。

【0047】（実施例2）図3に、シリコンウェハの裏面の基体表面が露出され、且つ前記露出されたシリコンの表面が水素原子により終端されたシリコンウェハを自動搬送する手段を少なくとも一部に含んだことを特徴とする半導体製造ラインの実施例を示す。図3において、301は、本発明の洗浄装置であり、302、303は、ウェハカセットを収納するための真空槽である。304は、シリコンウェハを各処理槽にウェハを搬送する手段を有した搬送機構である。305は各処理槽にシリコンウェハを搬送するための真空槽である。306、307、308、309、310は、例えばシリコンウェハを処理するためのドライエッチング処理、プラズマ成膜処理、熱分解成膜処理、スパッタ成膜処理等の真空槽である。

【0048】前述したように、搬送中にウェハ裏面にゴミが付着する。ゴミを付着したまま、このウェハが次工程の処理槽に搬送され処理されると、例えば、ドライエッチング処理槽に送られると、ウェハと支持台の間に隙

間が生じ、ウェハと支持台の熱伝導効率が悪くなる。この結果プラズマから供給される熱により、ウェハの温度が上昇する。例えば、シリコンを含有したアルミニウム金属配線のエッチングにおいては、このウェハの温度上昇により、アルミニウム配線が等方性的にエッチングされるという問題が生じる。

【0049】本実施例においては、この問題を解決するために、ドライエッチング処理槽に搬送する前に、洗浄装置301で、ウェハ裏面を水素原子により終端し、ウェハ裏面には、水分が吸着しにくくなり、又このことがゴミの付着を防止することに寄与することになる。この様に本発明により、裏面にゴミを防止した結果異方性のドライエッチングをが実現することができた。

【0050】また、裏面にゴミが付着していると、ドライエッチング処理槽で舞い上がりウェハ表面に付着することもある。この場合ゴミは、微小なマスクとなりエッチング残渣を生じさせることがあり、シリコンの大集積回路の製造の低歩留りの原因となる。しかしながら、本実施例では、エッチング残渣は観測されず、この問題も同様に解決できた。

【0051】本実施例においては、302、303のウェハカセットを収納する槽と、305の各処理槽にシリコンウェハを搬送するための真空槽との間に設置したが、本発明においては、洗浄装置をクラスター方式の半導体製造装置に接続し、シリコンウェハ裏面を水素終端させ、前記ウェハ裏面にゴミを付着させないことが重要であり、例えば図4、5に示す様に、少なくとも一つ以上の本発明の洗浄装置を他の位置に設置しても構わない、また本発明の洗浄装置を、少なくとも一部に組み込んだクラスター方式の半導体製造装置と少なくとも一部に組み込んだ枚葉式方式の半導体製造装置からなるラインのどこに、本装置を組み込むこんでも良い。

【0052】（実施例3）本実施例に於いて、本発明の洗浄装置及びゴミ除去装置、もしくはこれらの装置を組み込んだ枚葉処理方式やクラスター方式の半導体製造装置を少なくとも一部に有することを特徴とする半導体製造ラインにどの様に組み込むかを、本実施例を用いて説明する。

【0053】図6において、601は、シリコンウェハを枚葉毎に各半導体製造装置に自動搬送する窒素雰囲気下のトンネルである（以後窒素トンネルと言う）。602は、搬送されるシリコンウェハである。例えば603は、反応性イオンエッチング装置であり、604は、プラズマ成膜装置である。605は、複数の処理槽と前記処理槽にシリコンウェハを搬送する手段を有したクラスター方式の半導体製造装置である。606は例えばステッパであり、607はイオン打ち込み装置である。608は、図1に示した洗浄装置である。また、609、610、611、612は図2に示したゴミ除去装置である。613は、シリコンウェハを各処理槽に搬送する為

の手段を有した真空槽である。615、616、617は、例えばシリコンウェハを処理する為のドライ・エッチング処理槽、熱分解成膜処理槽、スパッタ成膜処理槽等の真空槽である。各槽及び窒素トンネルは、例えば真空融解したSUS316でできており、その内面は、鏡面研磨し、かつCr₂O₃膜で不動態化処理されており放出ガス及び水分の吸着が極めて少ない表面に成っている。さらに本処理槽に用いる高圧ガスの水分濃度は、10～100ppbである。これにより本各真空槽の及び窒素トンネルの水分濃度は、高々10ppm以下に保た

れていることは、言うまでもない。

【0054】本実施例の大きな効果は、例えばシリコンウェハを大気成分や製造業者から窒素トンネルにより隔離し、また処理槽で付着したゴミを本発明のゴミ除去装置で除去することにより、例えば製造業者から発塵するゴミ（例えばクリーンルームで、防塵服を着用した作業者に付着しているゴミが、作業中に防塵服の袖口や襟口から空気の噴出に伴い、ウェハに付着する）や、反応処理槽でウェハに付着したゴミを本発明のゴミ除去装置で除去して次工程の処理槽にウェハを搬送する一貫した半導体製造ラインを提供することにより得られ、従来の大きなクリーンルームのスペースを初めて不要とした。また、半導体製造工程の各々において、例えば汚染のゴミが重金属の場合（例えば、ドライエッチングの場合、反応処理槽で形成されたイオンが処理槽の金属壁をスパッタすることによる金属汚染）、本発明のゴミ除去装置を一貫したラインに組み込み、付着したゴミを除去することにより、シリコン上に形成されたMOSトランジスタのゲート破壊の防止及びトランジスタ接合部のリーク電流増加の防止等の効果が得られ、また汚染のゴミがアルカリ性イオンの場合には、トランジスタの閾値の変化等のトランジスタ特性悪化の防止等に効果がある。また、ウェハは窒素トンネル中を搬送されるため、大気の酸素ガスと接することがなく、例えば配線アルミニウムのドライエッチングにおいては、アルミニウム表面が酸化されないため、三塩化ほう素ガスによるアルミニウム表面の酸化膜除去やアルゴンイオン照射によるスパッタ除去等の工程を省くことが初めて可能となり、塩素ガスによるシンプルなアルミニウムのドライエッチング工程と酸化膜の影響によるアルミエッチング速度の変動の抑制を初めて可能とした。

【0055】これにより、処理槽及び搬送で生じるゴミの影響を最小限にできる半導体製造ラインが達成できた。本発明に於いて、処理中に付着したゴミを次工程処理槽に、持ち込まないことが重要であり、その目的を満足するものであれば、洗浄装置、ゴミ除去装置を前記半導体製造ラインのどの位置に設置しても良い。

【0056】

【発明の効果】請求項1の発明によれば、水素終端化したシリコンは、微粒子汚染に対して耐性が強い。つま

り、微粒子の付着が起りにくくなり、半導体製造工程におけるシリコンウェハの裏面汚染からのクロスコンタミネーション、及び搬送装置からのウェハ裏面への再付着を防止できる。

【0057】その結果、微粒子による汚染の減少により、半導体生産工程において歩留まりが向上し、製品のコストダウンを可能にする。請求項16の発明により、いかなる材料から成るゴミに於いても、基体表面上に付着したゴミを、基体表面上から気相で除去できる。本発明は、従来実用面で困難であったドライ処理による気相中でのゴミ除去の手段を初めて提供し、このドライ化により、半導体等の製造装置および半導体等の製造ラインのゴミ除去工程の自動化、インライン化が初めて可能になり、製造歩留まりを飛躍的に高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の洗浄装置の一例を示す概念図である。

【図2】気相ゴミ除去装置の一例を示す概念図である。

【図3】実施例2の半導体製造装置を示す概念図である。

【図4】半導体製造装置の他の例を示す概念図である。

【図5】半導体製造装置の他の例を示す概念図である。

【図6】実施例3の半導体製造ラインを示す概念図である。

【符号の説明】

101 洗浄槽、

102 薬液ノズル、

103 基体（Siウェハ）、

104 ウェハチャック、

105 排気・排液口、

30 106、107 水素活性種を含む気体を供給する手段（ガス供給管）、

108 裏面洗浄用ノズル、

109 回転モータ、

110 水素活性種を発生させる手段、

111 加熱手段、

112 切り替えバルブ、

113 N₂ガスとH₂ガスの混合器、

114 混合ガス配管、

115 N₂ガス配管、

40 116 H₂ガス配管。

201 真空処理槽、

202 分子ポンプ、

203 粗引きポンプ、

204 開閉弁、

205 真空排気通路、

207 シリコンウェハ（基体）、

208 支持台（基体を保持する手段）、

209 ゴミ、

210 N₂ガスの流れ、

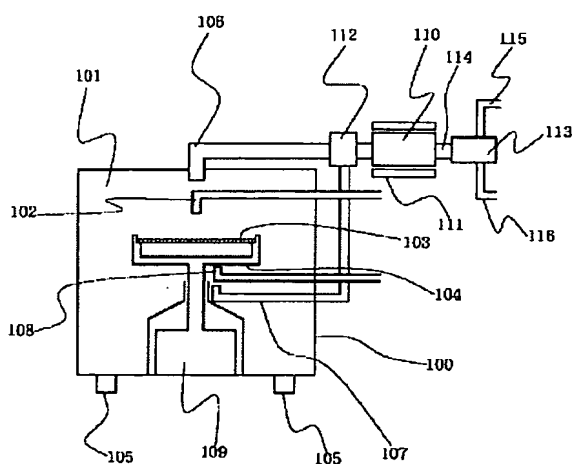
50 211 N₂ガスの吹き出し口、

212 ガス供給通路、
 213 ガス供給制御弁、
 214 高圧ガス供給源、
 215 高圧ガス供給通路、
 216 定常流通路、
 217 高圧ガス制御部、
 218 加熱機構、
 219、220 高速開閉弁、
 221 高圧部、

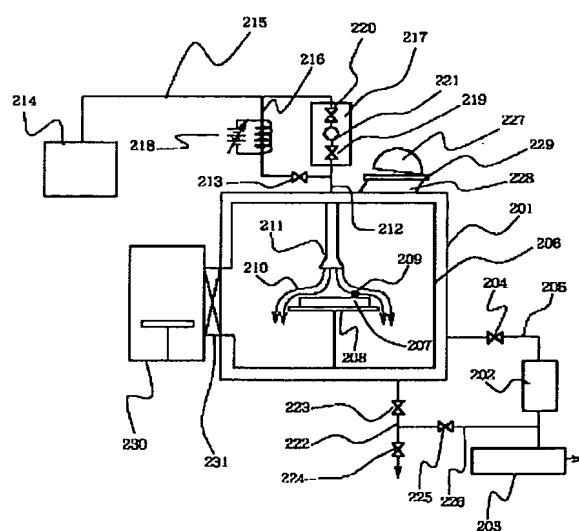
* 222 排気通路、
 223、224、225 開閉弁、
 226 粗排気通路、
 227 Xeランプ、
 228 光導入口、
 229 窓材、
 230 搬送室
 231 開閉弁。

*

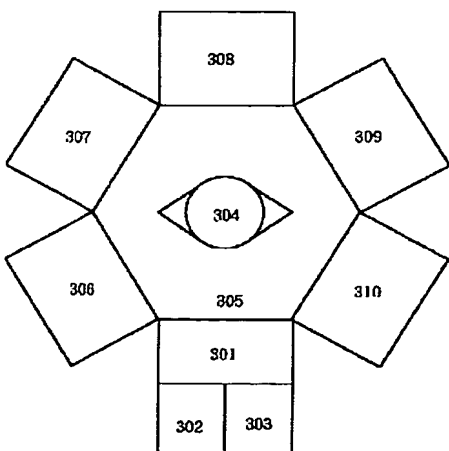
【図1】



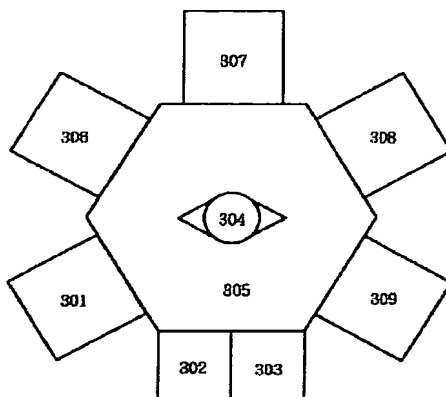
【図2】



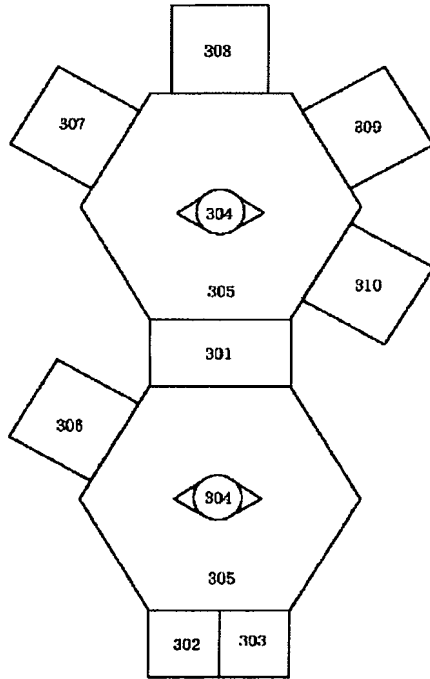
【図3】



【図4】



【図 5】



【図 6】

